

เปรียบเทียบผลระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและการนวดพิทริสชาตต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข้าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

พรพิมล เทปอนใจ^{1*}, ภูริชญา วีระศิริรัตน์¹

Received: May 5, 2013

Revised & Accepted: August 14, 2013

บทคัดย่อ

ภาวะปวดกล้ามเนื้อเป็นภาวะที่พบได้ในการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยโดยเฉพาะในช่วงฝึกซ้อมก่อนการแข่งขันของนักกีฬา ซึ่งจะแสดงอาการหลังจากออกกำลังกายเป็นเวลาหลายวัน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข้าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทยอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆ กัน ได้แก่ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ กลุ่มนวด และกลุ่มควบคุม ซึ่งการรักษาใช้เวลา 20 นาทีหลังการกระโดดตบ 100 ครั้ง และผู้เข้าร่วมวิจัยถูกทดสอบการรับรู้ความเจ็บปวด วัดความยาวรอบวงของขาและองศาการเคลื่อนไหวของเข่าทั้งหมด 7 ครั้ง ได้แก่ ก่อนและหลังการออกกำลังกาย, หลังการรักษาทันที, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงหลังออกกำลังกายด้วยการกระโดด ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกทำให้กล้ามเนื้อถูกทำลาย จากการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าตัวแปรต่าง ๆ หลังจากการออกกำลังกายที่ 24-72 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับค่า baseline ($P < 0.01$) นอกจากนี้ พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อ โดยกลุ่มที่ได้รับการนวดมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุมขณะกระโดดสูงที่ 48 และ 72 ชั่วโมงหลังกระโดด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าความยาวรอบวงขาที่ตำแหน่งจุดต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อของกลุ่มนวดมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ 24 ชั่วโมงหลังกระโดด สำหรับความยาวรอบวงขาที่จุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อเหยียดเข้า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$) และกลุ่มนวดมีค่าองศาการเคลื่อนไหวของเข่ามากกว่าในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมงหลังกระโดด ($P < 0.05$) ดังนั้นจากผลของการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงผลการนวดพิทริสชาตสามารถลดค่าการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อ ความยาวรอบวงขาและองศาการเคลื่อนไหวของเข่าหลังออกกำลังกายได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อหรือการนั่งพัก

คำสำคัญ: ภาวะการปวดกล้ามเนื้อ, การนวดพิทริสชาต, การยืดกล้ามเนื้อ, การกระโดดแบบพลัยโอเมตริก

¹สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้รับผิดชอบบทความ

Comparison of effects between static stretching and petrissage massage on functional-signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male

Pornpimol Muanjai^{1*}, Phurichaya Werasingrat¹

Abstract

Delayed onset of muscle soreness (DOMS) is the unaccustomed activity, which may last for several days post-exercise. The purpose of this study was to compare effects of static stretching and petrissage massage on functional sign of DOMS of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male. Forty-five subjects, aged from 18 to 25 years, were equally randomized into three groups; stretching, massage, and control group. Participants performed 100 drop jumps. Treatments were given after the exercise for 20 minutes. Soreness sensation, thigh circumferences and knee range of motion (ROM) were measured at immediately before exercise, after exercise, after intervention, 24, 48, 72, and 96 hours after the exercise. All variables showed a significant time effect ($P < 0.01$) indicating the presence of muscle damage, especially at 24-72 hours compared to baseline. Additionally, they showed significant lesser on soreness in massage compared with stretching and control groups at 48-72 hours after the exercise ($P < 0.05$), a greater on thigh circumference at musculotendinous point in control compared with massage group at 24 hours after the exercise, but no any significant different between groups on thigh circumference at mid-belly point and a greater on knee range of motion (ROM) in massage compared with control and stretching groups at 24 and 72 hours after the exercise ($P < 0.05$). These results suggest that petrissage massage can reduce soreness and maintain swelling and knee range of motion following the exercise, compared to stretching or resting.

Keywords : Delayed onset of muscle soreness, Petrissage massage, Stretching, Plyometric exercise

¹Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University

* Corresponding author: (e-mail: pornpimolm@buu.ac.th)

บทนำ

โดยทั่วไปก่อนการแข่งขัน นักกีฬาจะต้องทำการฟิตซ้อมร่างกายให้มีความพร้อมสำหรับการแข่งขันโดยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ aerobic training, flexibility, weight training และ sport-specific สำหรับ weight training เป็นการฝึกเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อให้เกิดความแข็งแรงและทนทาน เพื่อเป็นฐานที่สำคัญต่อศักยภาพของนักกีฬาในด้านอื่นๆ ต่อไป⁽¹⁾ โดยเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเหี่ยวยาว (eccentric exercise) ที่ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่มีความแข็งแรง และเกิด neuromuscular adaptation มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายของกล้ามเนื้อที่หดตัวแบบ isometric และ concentric การฝึกซ้อมอย่างหนักนี้ จึงเป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้นักกีฬาเกิดภาวะ delayed onset of muscle soreness (DOMS)⁽²⁾ ซึ่งเป็นการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย มักเกิดกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ eccentric contraction ของการฝึก weight training โดยเฉพาะช่วงก่อนการแข่งขันในนักกีฬา หรือผู้ที่เริ่มออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน รวมไปถึงการฝึก plyometric training ของกล้ามเนื้อ เพื่อสร้างกำลังที่เป็นการผสมผสานกันระหว่างความเร็วกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในแต่ละชนิดกีฬา เช่น ทักษะการลงสู่พื้นและเปลี่ยนทิศทางหรือการกระโดด (Landing/Reactive power/take-off power) ในกีฬาบาสเกตบอล วอลเลย์บอล กระโดดสูง กระโดดไกลและช่วงนักกีฬาออกตัวในกีฬาวิ่งระยะสั้น เป็นต้น⁽³⁾ โดยจะมีอาการสูงสุด 24-72 ชั่วโมงหลังออกกำลังกาย และสามารถหายไปเองใน 5-7 วัน ซึ่งจะส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการบาดเจ็บอื่นๆ ตามมาได้โดยจะแสดงอาการคือ มีอาการปวดกล้ามเนื้อ มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น บวม และสูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เนื่องจากภาวะปวดกล้ามเนื้อนำมาซึ่งความบกพร่องของศักยภาพและความพร้อมของนักกีฬารวมไปถึงการลดช่วงเวลาเข้าฝึกซ้อม หรือออกกำลังกายในครั้งต่อไปซึ่งในอดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าวิธีการต่างๆ มากมายที่เข้ามามีบทบาทในการป้องกันหรือบรรเทาภาวะ DOMS อาทิเช่น การฝังเข็ม, ultrasound, massage, cryotherapy, warm-up เป็นต้น⁽²⁾ แต่ยังไม่พบทศรูปว่าวิธีการใดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ การนวดหรือการยืดกล้ามเนื้อในช่วงหลังการฝึกซ้อมหรือแข่งขันอย่างหนัก เป็นวิธีการรักษาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ง่าย

สะดวก มีประสิทธิภาพ ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มีราคาแพง สอดใส่อุปกรณ์เข้าไปในร่างกาย (non-invasive) และไม่มีผลข้างเคียง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ฝึกสอน หรือผู้ทำการรักษาควรที่จะให้ความสนใจในเรื่องของงบประมาณ และประสิทธิภาพในการจำกัดการถูกทำลายของเนื้อเยื่อหรือการฟื้นตัวของนักกีฬาให้เร็วขึ้น

การนวด (massage) เป็นหนึ่งในทางเลือกของการบำบัดรักษาและการฟื้นตัวของนักกีฬาที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับนักกีฬามากขึ้น ซึ่งการนวดสามารถนำมาช่วยบรรเทาอาการจาก DOMS⁽⁴⁾ คือสามารถเพิ่มการไหลเวียนของเลือดได้ดีขึ้น นอกจากนี้ สามารถลดอาการปวด บวม ความรู้สึกปวดกล้ามเนื้อและ blood creatine kinase จากการศึกษาของ Maneinelli และคณะ (2006)⁽⁵⁾ พบว่านักกีฬาหญิงที่ได้รับการนวดหลังจากการฝึกซ้อมอย่างหนัก สามารถลดภาวะ soreness และเพิ่มศักยภาพในการกระโดด การศึกษาของ Ogai (2008)⁽⁶⁾ พบว่าการนวดด้วยเทคนิค petrissage เป็นเวลา 10 นาที ที่กล้ามเนื้อขา สามารถลด muscle stiffness และ perceived lower limb fatigue แต่ไม่มีผลต่อค่า blood lactate และการศึกษาของ Willem, Hale, Wilkinson (2009)⁽⁷⁾ พบว่า muscle soreness ลดลงหลังรับการนวดในกล้ามเนื้อเหี่ยวยาวและมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของความสูงในการกระโดดขาเดียว โดยเทคนิคการนวดที่นำมาประยุกต์ใช้ต่อภาวะ DOMS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ Petrissage หรือ compression massage⁽⁸⁾ เนื่องจากเป็นเทคนิคในลักษณะกด-ปล่อย (compression) ตามแรงกดที่กระทำ ทำให้มีการไหลเวียนเลือดเพิ่มขึ้น จากการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและเซลล์เม็ดเลือดขาว ช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมกล้ามเนื้อที่ถูกทำลายเพิ่มอัตราการขับของเสียที่คั่งค้าง ลดอาการปวดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ เพิ่มความดันและอัตราการแพร่สารน้ำ รวมถึงช่วยลดอาการบวม

สำหรับการยืดกล้ามเนื้อ (stretching) เป็นวิธีการอบอุ่นร่างกายและเป็นวิธีที่ง่ายที่นิยมใช้ ในการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ (muscle flexibility) และองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (joint range of motion) โดยการยืดกล้ามเนื้อแบบ static stretching เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่สามารถทำได้ง่ายและใช้บ่อยมากที่สุด⁽⁹⁾ โดยจะให้ผลต่อการลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) เพิ่มการไหลเวียนเลือด ทำให้มีผลต่อการลดความเจ็บปวด บวม

จากกลไก pain-spasm-pain cycle⁽¹⁰⁾งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการยืดกล้ามเนื้อเกี่ยวกับภาวะ DOMS ในรูปแบบการเกิดภาวะ DOMS ต่างๆ กัน ได้แก่การศึกษาของ Dain & Declan (2006)⁽¹¹⁾ พบว่าการยืดกล้ามเนื้อ hamstrings ทั้งหมด 3,600 วินาที พบว่ามือองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ จากการศึกษาของ Torres, Appell & Duart (2007)⁽¹²⁾ พบว่าการยืดกล้ามเนื้อ Quadriceps จะช่วยรักษาระดับองศาการเคลื่อนไหวได้ใน 1-24 ชั่วโมงหลังออกกำลังกาย

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง และการนวดต่อภาวะปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ยังให้ผลไม่ชัดเจน เนื่องจากมีความหลากหลายของระยะเวลาในการรักษาระบบการทดลองขาดการควบคุมถึงวิธีการที่ตีรวมถึงวิธีการออกกำลังกายกระตุ้นให้เกิดภาวะการปวดกล้ามเนื้อแตกต่างกัน มีจำนวนตัวอย่างค่อนข้างน้อย ทำให้ผลของการศึกษาไม่แน่นอน ไม่สามารถนำผลที่ได้มาเทียบเคียงกันได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย สะดวก โดยจะให้ผลดีต่อการลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และการนวดที่ต้องอาศัยเจ้าหน้าที่นวด แต่เป็นวิธีที่ค่อนข้างจะให้ผลดีต่อการลดอาการแสดงของภาวะการปวดของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าหลังการออกกำลังกายกล้ามเนื้อเหยียดขาด้วยการกระโดด (drop jumps) แบบ plyometric training ที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการฝึกฝนนักกีฬาในการสร้างกำลังของกล้ามเนื้อ เพื่อที่จะได้เพิ่มทางเลือกใหม่ในการฟื้นฟูศักยภาพในช่วงก่อนการแข่งขันของนักกีฬาสเกตบอลรักบี้ กระโดดไกล หรือประเภทกีฬาที่อาศัยความเร็วและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้า รวมถึงสามารถนำไปใช้พัฒนาความรู้และศักยภาพของผู้ที่เกี่ยวข้อง หรือทำการวิจัยต่อไป

วิธีการศึกษา

อาสาสมัคร

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลองทางคลินิก (randomized control clinical trial) ระยะเวลา 5 วันต่อเนื่อง ในชายไทยสุขภาพดีที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 45 คน โดยอาสาสมัครเป็นผู้ที่มีสุขภาพดีที่มีการออกกำลังกายเป็นประจำ เช่น นิสิตสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่มีการบาดเจ็บใดๆ ขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัยไม่มีการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเป็นประจำอย่างน้อย 3 เดือนก่อนการทดสอบ

ไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อข้อต่อ ไม่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหวของร่างกาย อาสาสมัครที่ไม่สามารถทำครบกระบวนการกระโดดเพื่อทำให้เกิดกล้ามเนื้อถูกทำลาย จะถูกคัดออกจากการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษา

อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์ลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษาก่อนการรักษา โดยโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพาการทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มเท่ากัน ด้วยการสุ่มแบบ block randomization (blocks of six) ได้แก่ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ กลุ่มนวดและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 15 คน อาสาสมัครจะถูกขอร้องให้งดการดื่มสุรา เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคาเฟอีน หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่มีความหนักมาก อย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้ให้การรักษาด้วยการนวด การยืดกล้ามเนื้อ และกลุ่มที่ได้รับการนั่งพัก แก้อาสาสมัคร สำหรับการวัดประเมินและบันทึกอาการแสดงของภาวะการปวดกล้ามเนื้อกระทำโดยผู้ช่วยวิจัย 1 คนซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดมีประสบการณ์การทำงาน 3 ปีโดยในขณะทำการประเมินผู้ช่วยวิจัยจะไม่ทราบว่าเป็นอาสาสมัครอยู่ในกลุ่มนวด กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ หรือกลุ่มควบคุมก่อนเริ่มเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้หาความน่าเชื่อถือการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการงอ-เหยียดเข้า (muscle stiffness) ของผู้ช่วยวิจัย ในอาสาสมัคร 10 คน พบว่ามีค่าความน่าเชื่อถือในระดับดีมาก (Intraclass Correlation Coefficients; ICCs เท่ากับ 0.91) หลังจากนั้น อาสาสมัครได้รับการทดสอบการรับรู้ความเจ็บปวด (soreness sensation) วัดความยารอบวงของขา (swelling) ทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการงอ-เหยียดเข้า (muscle stiffness) ก่อนกระโดด หลังกระโดดทันที หลังการรักษา และหลังกระโดด 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมงตามลำดับ

การประเมินอาการแสดง DOMS ประกอบด้วย

1. การรับรู้ระดับความรุนแรงของอาการปวดกล้ามเนื้อ (soreness sensation) บริเวณกล้ามเนื้อเหยียดเข้า โดยใช้ visual analog scale (VAS) ที่มีค่าคะแนนตั้งแต่ 0-100 มิลลิเมตร 0 คือไม่ปวด 100 คือ มีอาการปวดมากที่สุดที่รู้สึกในขณะยืนพัก ขณะเหยียดเข้าขณะทดสอบกระโดดสูง
2. วัดความยารอบวงของขา (swelling) โดย marker ในสองตำแหน่ง ที่จุดกึ่งกลางระหว่าง anterior superior iliac spines (ASIS) กับ superior pole of the

patella ที่แสดงถึงจุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อ (mid-belly of rectus femoris) และจุดที่อยู่เหนือ superior pole of the patella มา 5 เซนติเมตรซึ่งเป็นจุดต่อของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น (musculotendinous junction) ของกล้ามเนื้อเหยียดเข้า โดยทำการวัดด้วยสายวัด (Butterfly Product, China) ตำแหน่งละ 3 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. ทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการงอ-เหยียดเข้า (muscle stiffness) ขณะนอนคว่ำโดยให้อาสาสมัครทำการงอเข้าด้วยตนเองให้มากที่สุดโดยไม่มีการเคลื่อนไหวของกระดูกเชิงกรานวัดองศาการเคลื่อนไหวด้วยไม้มารวัดวัดมุม (goniometer) ของ Baselines Evaluation Instruments, White Plains, New York, USA และปากกามาร์กเกอร์ ที่ตำแหน่งของมุมสากุล⁽¹³⁾ระหว่าง lateral epicondyle of the femur, lateral malleolus และ greater trochanterทำการวัด 3 ครั้งและนำมาหาค่าเฉลี่ย

การออกกำลังกายของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าแบบเหยียดยาวด้วยการกระโดด drop jumps^(14,15)

ผู้วิจัยสาธิตเทคนิคและวิธีการกระโดดอย่างละเอียด อาสาสมัครใส่รองเท้ากีฬาทำการกระโดด จากกล่องกระโดดสูง 60 เซนติเมตร ลงสู่พื้นยางสังเคราะห์ เพื่อลดแรงกระทำต่อข้อเข่า แล้วพยายามกระโดดขึ้นให้สูงที่สุด (drop jumps) นับเป็น 1 ครั้งพักครั้งละ 10 วินาทีทั้งหมด 100 ครั้ง โดยทำ

20 ครั้ง/เซต และพักเซตละ 2 นาที ทั้งหมด 5 เซต หลังจากนั้นอาสาสมัครจะได้รับการทดลองแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยการสุ่ม เป็นเวลา 20 นาที ดังแสดงใน **รูปที่ 1**

1. กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching group)⁽¹²⁾

อาสาสมัครยืนตัวตรงบนขาข้างที่ไม่ถนัด (non-dominant leg) งอเข้าข้างที่ถนัด 45 องศาไปหาสะโพก จนถึงจุดที่รู้สึกว่ามีแรงต้านหรือรู้สึกไม่สบาย แต่ถ้าอาสาสมัครยังไม่รู้สึกถูกยืดเมื่องอเข้าติดสะโพก นักกายภาพบำบัดจะค่อยๆ ช่วยเพิ่มการเคลื่อนไหวเหยียดข้อสะโพกไปทางด้านหลัง ค้างไว้ที่จุดนี้เป็นเวลา 60 วินาที ทั้งหมด 20 ครั้ง พัก 10 วินาทีระหว่างครั้ง (**รูปที่ 2**)

2. กลุ่มนวดพีทริสซาช (Petrissage massage)⁽⁶⁾

ใช้เทคนิค Petrissage หรือ Compression เป็นเวลา 20 นาที ร่วมกับการใช้โลชั่นเพื่อเป็นตัวหล่อลื่นลดการเสียดสีระหว่างมือ นักกายภาพบำบัดกับผิวหนังของอาสาสมัคร บริเวณกล้ามเนื้อเหยียดเข้าของขาทั้งสองข้าง ในทิศทางจากส่วนปลาย (เหนือ patella) ไปหาส่วนต้น (ข้อสะโพก) ประมาณ 12 compression ต่อ 1 นาที โดยฟังจังหวะจาก metronome ในความหนักที่ให้อาสาสมัครบอกกลับในขณะที่ได้รับการนวดว่าไม่เจ็บ และอาสาสมัครจะถูกนวดโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียวซึ่งเป็นผู้วิจัยที่มีประสบการณ์การทำงาน 3 ปี (**รูปที่ 3**)



รูปที่ 1 แสดงการกระโดด drop jumps



รูปที่ 2 แสดงการยืดกล้ามเนื้อ



รูปที่ 3 แสดงการวัดกล้ามเนื้อเหยียดเข้า

ตารางที่ 1 ลักษณะของอาสาสมัคร TC, thigh circumference

คุณลักษณะอาสาสมัคร	กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ (n = 15)	กลุ่มนวด (n = 15)	กลุ่มควบคุม (n = 15)	P - value
อายุ (ปี)	19.3 ± 1.0	19.6 ± 0.8	19.6 ± 0.7	0.88
ดัชนีมวลกาย (kg/m ²)	20.2 ± 1.5	21.2 ± 2.0	20.7 ± 1.8	0.32
TC mid-belly (cm)	50.8 ± 3.4	52.6 ± 4.0	51.9 ± 4.6	0.45
TC musculotendinous (cm)	38.4 ± 2.5	39.3 ± 2.8	39.7 ± 3.6	0.46
องศาการเคลื่อนไหว (°)	132.2 ± 4.7	131.5 ± 5.9	135.7 ± 6.9	0.12

3. กลุ่มควบคุม

นั่งพักในท่าเหยียดขาตรง เป็นเวลา 20 นาที โดยไม่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อหรือ cool-down

การวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงผลในรูปของค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) สำหรับค่าความยาวรอบขาและองศาการเคลื่อนไหว แสดงเป็นร้อยละที่เปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นและทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้สถิติแบบ Nonparametric statistics โดยวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Kruskal-Wallis test และ Mann-Whitney U tests ส่วนความแตกต่างภายในกลุ่ม Friedman test และ Wilcoxon's signed ranks tests วิเคราะห์โดยโปรแกรม SPSS Version 19

ผลการศึกษา

อาสาสมัครทำการทดสอบครบทั้ง 45 คนตลอดช่วงระยะเวลาวิจัย ทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ได้รับการนวด กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อ และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 15 คน ดังแสดงใน ตารางที่ 1 การรับรู้การปวดกล้ามเนื้อแสดงโดยค่า Visual Analog Scale (VAS) ในรูปของ mean ± SD พบว่าค่า VAS หลังกระโดดของทั้ง 3 กลุ่ม เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการกระโดด drop jump และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มของการรับรู้การปวดกล้ามเนื้อในขณะที่ทดสอบกระโดดสูง (VAS vertical jump) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในขณะที่ยืนทดสอบ (VAS standing) และขณะเหยียดเข้า (VAS passive quadriceps stretch) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบ VAS vertical jump ของ 3 กลุ่มและค่าความแตกต่าง

ช่วงเวลา	VAS VJ (mm)					
	กลุ่มยึดกล้ามเนื้อ (n = 15)	ค่าความแตกต่าง	กลุ่มขนาด (n = 15)	ค่าความแตกต่าง	กลุ่มควบคุม (n = 15)	ค่าความแตกต่าง
ก่อนกระโดด	1.4 ± 4.7		1.2 ± 2.5		0.1 ± 0.4	
หลังกระโดดทันที	13.1 ± 16.7 [†]	11.7	5.1 ± 8.2	3.9	8.2 ± 14.2 [†]	8.1
หลังรักษา	11.4 ± 22.2	10	3.0 ± 6.3	1.8	6.9 ± 12.7 [†]	6.8
24 ชม หลังกระโดด	17.6 ± 28.7 [†]	16.2	2.5 ± 4.4	1.3	19.1 ± 22.2 [†]	19.0
48 ชม หลังกระโดด	19.9 ± 28.6 [†]	18.5	12.1 ± 11.5 ^{†#}	10.9	40.2 ± 34.9 ^{†#}	40.1
72 ชม หลังกระโดด	10.8 ± 14.5 ^{†€}	9.4	8.4 ± 7.5 ^{†#}	7.2	35.7 ± 34.2 ^{†#€}	35.6
96 ชม หลังกระโดด	4.9 ± 8.2	3.5	0.9 ± 2.4	-0.3	6.2 ± 10.9 [†]	6.1

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มขนาดและกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

€ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มยึดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับค่าก่อนกระโดด ($P < 0.05$)

ค่าความยาวรอบวงขาที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่า baseline ($P < 0.05$) นอกจากนี้ พบว่าในกลุ่มนวดพีทริสซามีค่าความยาวรอบวงที่จุดต่อกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ 24 ชั่วโมงหลังการกระโดด drop jump (ตารางที่ 3) สำหรับความยาวรอบวงขาที่จุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อเหยียด

เข้า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4) กลุ่มนวดมีค่าองศาการเคลื่อนไหวของเข่ามากกว่าในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมงหลังกระโดด ($P < 0.05$) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของความยาวรอบวงขาที่กึ่งกลางกล้ามเนื้อของ 3 กลุ่ม

ช่วงเวลา	ความยาวรอบวงขาที่กึ่งกลางกล้ามเนื้อเหยียดเข้า (cm)		
	กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ (n = 15)	กลุ่มนวด (n = 15)	กลุ่มควบคุม (n = 15)
ก่อนกระโดด	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
หลังกระโดดทันที	101.5 ± 1.3†	101.6 ± 1.1†	101.2 ± 1.2†
หลังรักษา	101.0 ± 1.0†	100.7 ± 0.8†	100.6 ± 1.1†
24 ชม หลังกระโดด	101.4 ± 1.3†	101.0 ± 1.1†	100.6 ± 1.1†
48 ชม หลังกระโดด	101.0 ± 1.2†	101.1 ± 0.9†	100.9 ± 1.3†
72 ชม หลังกระโดด	101.0 ± 0.9†	100.7 ± 0.9†	101.0 ± 1.4†
96 ชม หลังกระโดด	100.7 ± 0.8†	100.7 ± 0.9†	100.8 ± 1.3†

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับค่าก่อนกระโดด ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 แสดงค่าการเพิ่มขึ้นของความยาวรอบขาจุดต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อของ 3 กลุ่ม

ช่วงเวลา	ความยาวรอบวงขาที่จุดต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (cm)		
	กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ (n = 15)	กลุ่มนวด (n = 15)	กลุ่มควบคุม (n = 15)
ก่อนกระโดด	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
หลังกระโดดทันที	103.9 ± 4.6†	102.3 ± 1.0†	101.8 ± 1.4†
หลังรักษา	102.8 ± 4.5†	100.9 ± 1.9	101.0 ± 1.2†
24 ชม หลังกระโดด	101.0 ± 1.4†	100.4 ± 1.6 [#]	101.5 ± 1.4† [#]
48 ชม หลังกระโดด	102.0 ± 4.0†	100.9 ± 1.4†	101.2 ± 1.2†
72 ชม หลังกระโดด	101.7 ± 4.8†	100.6 ± 1.2†	101.4 ± 2.0†
96 ชม หลังกระโดด	102.1 ± 4.8†	100.8 ± 1.5	102.2 ± 1.9†

[#] ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มนวดและกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับค่าก่อนกระโดด ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5 แสดงค่าการลดลงองศาการงอเข้าของ 3 กลุ่ม

ช่วงเวลา	องศาการงอเข้า (องศา)		
	กลุ่มยืดกล้ามเนื้อ (n = 15)	กลุ่มนวด (n = 15)	กลุ่มควบคุม (n = 15)
ก่อนกระโดด	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0
หลังกระโดดทันที	96.9 ± 2.5†	97.9 ± 2.2†	97.3 ± 2.5†
หลังรักษา	99.0 ± 1.8†	97.1 ± 6.1†	97.8 ± 2.7†
24 ชม หลังกระโดด	95.2 ± 2.9† ^s	98.4 ± 1.3† ^s	96.8 ± 3.0†
48 ชม หลังกระโดด	95.5 ± 2.5†	96.8 ± 1.7†	95.8 ± 2.8†
72 ชม หลังกระโดด	94.9 ± 2.2† ^s	97.8 ± 1.8† ^{#s}	95.1 ± 3.0† [#]
96 ชม หลังกระโดด	96.6 ± 3.2†	98.4 ± 1.5†	96.9 ± 3.0†

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มนวดและกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

^s ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มนวด ($P < 0.05$)

† ความแตกต่างของช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับค่าก่อนกระโดด ($P < 0.05$)

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

การกระโดด drop jumps 100 ครั้ง สามารถกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเหยียดเข้าของอาสาสมัครทั้ง 3 กลุ่ม เกิดภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ซึ่งสังเกตได้จากค่าการรับรู้อาการปวดกล้ามเนื้อค่าความยาวรอบวงขาที่เพิ่มขึ้น และค่าที่ลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของเข่าเมื่อเทียบกับค่าก่อนกระโดดอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลา 24-72 ชั่วโมงหลังการกระโดด โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Goodall & Howatson (2008)⁽¹⁴⁾ และ Miyama & Nosaka (2004)⁽¹⁵⁾ ที่มีรูปแบบการออกกำลังกายกระตุ้นให้เกิด muscle damage เหมือนกันและจากผลการวิจัยเห็นได้ว่ากลุ่มนวด (petrissage massage) มีประสิทธิภาพสำหรับลดอาการแสดงของภาวะ DOMS เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อ (static stretching) และกลุ่มควบคุม

การศึกษานี้ พบว่ากลุ่มนวด มีการรับรู้การปวดกล้ามเนื้อ (soreness sensation) ซึ่งแสดงโดยค่า Visual Analog Scale ขณะกระโดดสูงสุดลงที่ 48 ชั่วโมง หลังกระโดด มากกว่ากลุ่มควบคุมโดยสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Willem, Hale & Wilkinson (2009)⁽⁷⁾ ที่พบว่า การรับรู้การปวดกล้ามเนื้อหลังได้รับการรักษาโดยการนวด 25 นาที ที่ 48 ชั่วโมง หลังจากเดิน และการศึกษาของ Hilbert, Sforzo & Swensen (2003)⁽¹³⁾ หลังจากออกกำลังกาย

แบบ eccentric พบว่าการนวดสามารถลดการรับรู้การปวดกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อ hamstring ได้หลังจากการติดตามผลที่ 48 ชั่วโมง นอกจากนี้ทั้งการนวดและการยืดกล้ามเนื้อส่งผลให้การรับรู้การปวดกล้ามเนื้อขณะกระโดดสูงสุดลงที่ 72 ชั่วโมง โดยการนวดนั้นสามารถเพิ่มการไหลเวียนเลือด จากการขยายตัวของหลอดเลือด ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารอาหารและเซลล์เม็ดเลือดขาว ช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมกล้ามเนื้อที่ถูกทำลายช่วยลด macrophage ที่เป็นแหล่งผลิต prostaglandin E_2 ทำให้เกิดอาการปวดลดลง และการยืดกล้ามเนื้อสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Beedle & Mann (2007)⁽¹⁶⁾ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อจะให้ผลดีต่อการลดอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) จึงมีผลต่อการลดความเจ็บปวด จากวงจรของอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อที่มีผลต่อความเจ็บปวด (pain-spasm-pain cycle) ได้

ความยาวรอบวงขา ที่แสดงถึงอาการบวม (swelling) จากการเกิดภาวะกล้ามเนื้อถูกทำลายพบว่าหลังการกระโดด มีค่าความยาวรอบวงขาทั้งสองตำแหน่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการกระโดด ($P < 0.05$) คล้ายกับการศึกษาของ Zainuddin, Newton & Sacco (2005)⁽¹⁷⁾ พบว่าความยาวรอบวงขาที่ตำแหน่งจุดต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อของกลุ่มนวดมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.023$) ที่ 24 ชั่วโมงหลังกระโดด

นอกจากนี้ พบว่าการนวดยังช่วยลดการบวมของแขน หลังจากออกกำลังกายแบบ eccentric แต่ตรงข้ามกับการศึกษาของ Hart, Swanik & Tierney (2005)⁽¹⁸⁾ ที่ไม่พบผลของการนวดต่อความยาวรอบกล้ามเนื้อ triceps และการศึกษาของ Dawson, Dawson & Tidus (2004)⁽¹⁹⁾ ที่ไม่พบผลของการนวด 30 นาทีต่อความยาวรอบกล้ามเนื้อขาหลังจากวิ่ง half marathon อาจกล่าวได้ว่าการนวดในการศึกษานี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลเวียนเลือดได้ (vascular changes) จากแรงกด-ปล่อยที่กระทำกับกล้ามเนื้อ

นอกจากนี้พบว่าอาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในกลุ่มที่ได้รับการนวด มีการเปลี่ยนแปลงขององศาที่ลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อ และกลุ่มควบคุม ที่ 24 และ 72 ชั่วโมงหลังออกกำลังกายโดยหลังจากการออกกำลังกายแบบกระตุ้นให้กล้ามเนื้อถูกทำลายนั้นส่งผลให้อาการเคลื่อนไหวของข้อเข่าลดลง เนื่องมาจากความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลงร่วมกับมีอาการบวมเกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ดังนั้นการรักษาโดยการนวดสามารถช่วยลดอาการแสดงของภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ส่งผลให้สามารถคงอาการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (Howatson & Someren, 2008)⁽²⁰⁾ ส่วนการยืดกล้ามเนื้อไม่มีผลในการรักษาระดับองศาการเคลื่อนไหว สอดคล้องกับการศึกษาของ Wessel & Wan (1994)⁽²¹⁾ ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อไม่มีผลต่อความสูงของการยกขา (straight leg raise) หลังออกกำลังกายกระตุ้นให้กล้ามเนื้อถูกทำลาย

การนวด (petrissage massage) สามารถช่วยฟื้นฟูการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle function recovery) และลดอาการแสดงภาวะ DOMS หลังจากออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา⁽⁵⁻⁷⁾ ส่วนการยืดกล้ามเนื้อมีผลในการลดอาการแสดงภาวะ DOMS สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาเช่นกัน^(11,12,16)

ในอนาคตควรมีการศึกษาตัวแปรการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า รวมถึงสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทดสอบต่อไป เพื่อเป็นการสนับสนุนว่าการนวดหรือการยืดกล้ามเนื้อนอกจากจะสามารถช่วยลดการรับรู้การปวดกล้ามเนื้อ (soreness sensation) แล้ว จะไม่ส่งผลกระทบต่อสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อของนักกีฬา และในการศึกษานี้มีข้อจำกัดของการประยุกต์ซึ่งสามารถใช้ได้ในประเภทการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อหดตัวแบบเหยียดยาว (eccentric contraction) เป็นหลัก

สรุปได้ว่าการนวด (petrissage massage) สามารถช่วยรักษาระดับอาการบวมของกล้ามเนื้อและองศาการเคลื่อนไหว หลังจากออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริก ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretching) หรือการนั่งพัก และพบว่าทั้งการนวดและการยืดกล้ามเนื้อสามารถลดการรับรู้การปวดกล้ามเนื้อ (soreness sensations) สามารถนำไปใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพกายจากการฝึกซ้อมในระยะแรกๆ ของนักกีฬาหรือผู้ที่เริ่มออกกำลังกายใหม่ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สำหรับอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัย และขอขอบคุณในการสนับสนุนจากทุนรายได้คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

1. Gerald W. Aquatic sport massage therapy. Clin J Sports Med 1999; 18: 427-34.
2. Connolly DAJ, Sayers SE, Mchugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. J Strength Cond Res 2003; 17: 197-208.
3. ชนินทรชัย อินทราภรณ์. การเปรียบเทียบผลของการฝึกพลัยโอเมตริกควบคู่การฝึกด้วยน้ำหนักการฝึกพลัยโอเมตริกด้วยน้ำหนักและการฝึกเชิงซ้อนที่มีต่อการพัฒนาพลังกล้ามเนื้อขาวิชานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์ (พลศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
4. Ramiz A. Acute effects of pre-event lower limb massage on explosive and high speed motor capacities and flexibility. J Sports Sci Med 2008; 7: 549-55.
5. Mancinelli CA, Davis DS, Aboulhosn L, Brady M, Eisenhofer J, Foolty S. The effects of massage on delayed onset muscle soreness and physical performance in female collegiate athletes. Phys Ther Sport 2006; 7: 5-13.
6. Ogai R. Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle

- pedaling. *Br J Sports Med* 2008; 42: 834-8.
7. Willem ME, Hale T, Wilkinson CS. Effects of manual massage on muscle-specific soreness and single leg jump performance after downhill treadmill walking. *Med Sport* 2009; 13: 61-6.
8. Weerapong P, Hume PA, Kolt GS. The Mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports Med* 2005; 35: 235-56.
9. Gremion G. The effect of stretching on sports performance and the risk of sports injury: A review of the literature. *Sportmedizin und Sporttraumatologie* 2005; 53: 6-10.
10. Nadler SF, Kruse RJ. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician* 2004; 7: 395-9.
11. Dain PL, Declan AJ. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1000-7.
12. Torres R, Appell HJ, Duart JA. Acute effects of stretching on muscle stiffness after a bout of exhaustive eccentric exercise. *Int J Sports Med* 2007; 1: 1055.
13. Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med* 2003; 37: 72-5.
14. Goodall S, Howatson G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. *J Sports Sci Med* 2008; 7: 235-41.
15. Miyama M, Nosaka K. Influence of surface on muscle damage and soreness influenced by consecutive drop jumps. *J Strength Cond Res* 2008; 18: 206-11.
16. Beedle BB, Mann CL. A comparison of two warm-ups on joint range of motion. *J Strength Cond Res* 2007; 21: 776-79.
17. Zainuddin Z. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *J Athl Train* 2005; 40: 174-80.
18. Hart JM, Swanik, CB, Tierney RT. Effects of sport massage on limb girth and discomfort associated with eccentric exercise. *J Athl Train* 2005; 40: 181-5.
19. Dawson LG, Dawson KA, Tidus PM. Evaluating the influence of massage on leg strength, swelling and pain following a half-marathon. *J Sports Sci Med* 2004; 3: 37-43.
20. Howatson G, Someren K. The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Med* 2008; 38: 483-503.
21. Wessel J. Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clin J Sport Med* 1994; 4: 2.